

forstarchiv 82, 125-133  
(2011)

DOI 10.4432/0300-  
4112-82-125

© DLV GmbH

ISSN 0300-4112

Korrespondenzadresse:  
mirko.liesebach@vti.  
bund.de

Eingegangen:  
26.10.2010

Angenommen:  
10.06.2011

# Entwicklung von amerikanischen und europäischen Herkünften der Roteiche in Deutschland

## Development of American and European provenances of northern red oak in Germany

MIRKO LIESEBACH<sup>1</sup> und VOLKER SCHNECK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Forstgenetik, Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsanstalt für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Sieker Landstraße 2, D-22927 Großhansdorf

<sup>2</sup>Institut für Forstgenetik, Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesforschungsanstalt für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Eberswalder Chaussee 3A, D-15377 Waldsiedersdorf

### Kurzfassung

Die Roteiche (*Quercus rubra* L.) ist die häufigste nichtheimische Laubbaumart in Deutschland. Da über deren Variation wenig bekannt ist, wurden im Jahr 1991 vier Herkunftsversuche mit zweijährigen Roteichen in Lübeck (Schleswig-Holstein), Wächtersbach (Hessen), Waldsiedersdorf (Brandenburg) und Itterbeck (Niedersachsen) angelegt. Das Pflanzgut von 15 amerikanischen und 12 europäischen, überwiegend deutschen, Herkünften der Roteiche wurde in der Institutsbaumschule in Großhansdorf angezogen. Auf den Flächen wurden die Überlebensraten, biotische und abiotische Schäden aufgenommen sowie Höhen- und Durchmesserwachstum gemessen.

Die Fläche Itterbeck musste bereits im Jahr der Anlage aufgegeben werden. Auf den anderen drei Flächen verlief die Entwicklung positiv mit sehr ähnlichen Pflanzanzahlen. Beim Höhenwachstum sind Unterschiede zwischen den Flächen im Alter 10 Jahre aufgetreten. Zwischen den Herkünften zeigen sich Unterschiede sowohl im Wachstum als auch in der Qualität. Dabei übertreffen die meisten europäischen Herkünfte die originalen amerikanischen in der Wuchsleistung. Die phänologischen Merkmale Austrieb und Laubverfärbung, die in mehreren Jahren erfasst wurden, sind korreliert. Ebenso besteht ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Rindenbrand und der Ausformung der Stämme.

Saatgut für den Anbau der Roteiche sollte in wüchsigen, möglichst qualitativ hochwertigen Beständen in Deutschland gewonnen werden. Saatgutimporte aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet lassen keine weitere Ertragssteigerung erwarten.

**Schlüsselwörter:** *Quercus rubra*, Herkunftsversuch, Überlebensrate, Wachstum, Phänologie, biotische Schäden, *Fusicoccum*, abiotische Schäden

### Abstract

Northern red oak (*Quercus rubra*) is the most common introduced broadleaved tree species in forestry in Germany. Only little is known about its variability. In 1991, four field trials were established with two-year old seedlings in Germany near Lübeck (Schleswig-Holstein), Wächtersbach (Hesse), Waldsiedersdorf (Brandenburg), and Itterbeck (Lower Saxony). The plants, belonging to 15 North-American provenances and 12 European (predominant German) provenances, were grown in the nursery of the institute at Großhansdorf. In the field trials, survival, biotic and abiotic damage were assessed, and height and diameter growth measured.

The Itterbeck site had to be closed in the year of establishment. The development of the number of plants was positive and similar on the other three sites. At age 10 significant differences were found in height growth between the sites. The provenances differ in growth and quality. Most of the provenances from Europe are better than those originated in North-America. Flushing and autumn leaf colours, phenological traits assessed over several years, are correlated. There is also a correlation between the occurrence of *Fusicoccum* bark canker and the stem form.

To establish northern red oak stands seeds should only be harvested in good growing and well formed populations in Germany. Further yield increase can not be expected by importing seeds from the natural distribution area.

**Key words:** *Quercus rubra*, provenance experiment, survival, growth, phenology, biotic damage, *Fusicoccum*, abiotic damage

## Einleitung

Der Anbau nichtheimischer Baumarten ist mit unterschiedlicher Intensität immer wieder Gegenstand kontroverser Diskussionen. Das forstliche Interesse an der Beteiligung nichtheimischer Baumarten im deutschen Waldbau rührt zunächst aus der Erkenntnis und den z. T. lange zurückreichenden praktischen Erfahrungen, dass einige dieser Arten in beträchtlichem Maße zu einer Steigerung der Holzproduktion beitragen können (Otto 1993). Heute rücken nichtheimische Baumarten auch vor dem Hintergrund des sich ändernden Klimas wieder in den Vordergrund (z. B. Schölch et al. 2010).

Die in der Gattung *Quercus* der Sektion *Lobatae* angehörende Roteiche (*Quercus rubra* L.) hat ein großes und vor allem in klimatischer Hinsicht differenziertes natürliches Verbreitungsgebiet im östlichen und mittleren Nordamerika (Sander 1990). Hier zählt sie zu den wirtschaftlich bedeutendsten Baumarten der nordamerikanischen Laubwaldregion.

In Europa wird die Roteiche seit 1691 (Schweiz) und in Deutschland seit 1740 angebaut (Stratmann 1988). In Westdeutschland veröffentlichte Bauer (1953) eine umfassende Monografie, in der er zu dem Schluss kommt, dass die Roteiche eine wertvolle Bereicherung des Baumartenspektrums in Deutschland darstellt. Göhre und Wa-

genknecht (1955) haben die Roteiche in der DDR eingehend bearbeitet und kommen hinsichtlich ihrer Anbauwürdigkeit und Anbau-eignung zum gleichen Ergebnis. In Deutschland ist sie die häufigste nichtheimische Laubbaumart und nimmt eine Fläche von 44.000 ha ein (0,4 % der Waldfläche, BWI<sup>2</sup>).

Das große natürliche Verbreitungsgebiet lässt eine phänotypische und genetische Variation erwarten. Daher ist es erstaunlich, dass es nur wenige forstgenetische Arbeiten gibt, die sich mit dieser Baumart auseinandersetzen. Bereits Schenck (1939) misst der Frage der Rasse allergrößte Beachtung bei der Beurteilung der Anbauwürdigkeit zu. Aus Amerika berichten Deneke (1974) und Kriebel et al. (1976) von den Ergebnissen aus Herkunftsversuchen. In Deutschland legte Krahl-Urbahn einen Herkunftsversuch ausschließlich mit Absaaten deutscher Herkünfte an zwei Standorten an. In diesem Versuch beschreibt Krahl-Urbahn (1966) Unterschiede im Austrieb und Höhenwachstum der Herkünfte im Alter 7 bzw. 8 Jahre. Eine kürzlich abgeschlossene Masterarbeit (Göckede 2010) enthält weitere Ergebnisse zu diesen Versuchen im Alter 33, 40 und 54 Jahre. Außerdem stellt Göckede (2010) erste Ergebnisse eines Versuchs in Schleswig-Holstein vor, der Anfang der 1990er-Jahre mit Herkünften angelegt wurde, die auch der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen. Sork et al. (1993) beschreiben die Variation von Isoenzymmustern und Magni et al. (2005) die von cpDNA-Haplotypen bei Roteiche.

Ende der 1980er-Jahre initiierte A. Kremer (INRA Paris) eine Ernte von Saatgut in Nordamerika. Dabei wurde 1988 in Beständen im Süden und Norden des natürlichen Verbreitungsgebiets in Nordamerika Saatgut der Roteiche eingesammelt. Das Saatgut ging nach Frankreich, Belgien, Großbritannien, den USA und Deutschland. Zwei Jahre später erfolgte eine weitere Einsammlung in den östlichen Vorkommen der Roteiche in den USA, die von französischen und deutschen Forschungseinrichtungen durchgeführt wurde. Es entstanden zwei Versuchsserien mit Roteiche. Über Ergebnisse der Versuchsflächen der ersten Serie, die in Deutschland vom Institut für Forstgenetik der damaligen Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (heute Johann Heinrich von Thünen-Institut – vTI) angelegt wurden, wird im Folgenden berichtet.

## Material und Methoden

Aus der von Kremer veranlassten Einsammlung von Roteicheln in Nordamerika im Jahr 1988 erhielt das Institut für Forstgenetik in Großhansdorf Saatgut von 15 Herkünften, aus dem ausreichend Pflanzen für die Versuchsflächenanlage angezogen wurden (Abbildung 1). Parallel zur Einsammlung in Nordamerika wurden vom Institut in Großhansdorf für die anzulegenden Versuche in Deutschland Eicheln in acht deutschen Beständen gesammelt (Abbildung 2). Unter den Herkünften ist auch die Sonderherkunft (SHK) Bornheim, einer der wenigen Bestände, für den der Ursprung der Roteichen, die südlichen Alleghanias in Virginia, bekannt ist (Holthausen 1987). Zusätzlich wurde je eine Partie Handelsaatgut aus den Niederlanden und eine mit der Bezeichnung „Bornheimer Allee“ gekauft. Eine weitere Herkunft kam aus Polen. Später wurden die Prüfglieder noch um eine Herkunft aus Brandenburg ergänzt, von der Pflanzen in einer Baumschule gekauft wurden. Die Herkünfte, die auf den Versuchsflächen ausgesät wurden, sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In der Tabelle ist auch angegeben, unter wie vielen Mutterbäumen die Eicheln gesammelt wurden. Die Einzelbaumabsaaten wurden in der folgenden Auswertung zu Populationen zusammengefasst.

Die Eicheln wurden im Frühjahr 1989 in der Institutsbaumschule in Großhansdorf ausgesät, und daraus wurden Pflanzen angezogen. Im Frühjahr 1991 wurden drei Flächen mit 2-jährigen Sämlingen im Verband 2,5 m x 1,2 m (entspricht 3.333 Pfl. ha<sup>-1</sup>) bepflanzt. Die Anlage der Fläche Itterbeck erfolgte im Herbst 1991 mit 3-jährigen Pflanzen (2+1). Je Parzelle wurden 6 Reihen mit je 8 Pflanzen als vollständige Blockanlage mit 4 Wiederholungen angelegt. Angaben zu den Versuchsflächen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Im Jahr nach der Anlage und im Alter von 10 Jahren wurde auf allen Flächen die Anzahl der lebenden Bäume erfasst und deren Höhe gemessen. Alle weiteren Erhebungen und Messungen folgten auf den Versuchsflächen nicht mehr in denselben Jahren (Tabelle 3). Am intensivsten wurden Merkmale auf der Fläche Lübeck erhoben. Die Erhebungen erfolgten in der Regel vollflächig. Lediglich bei den

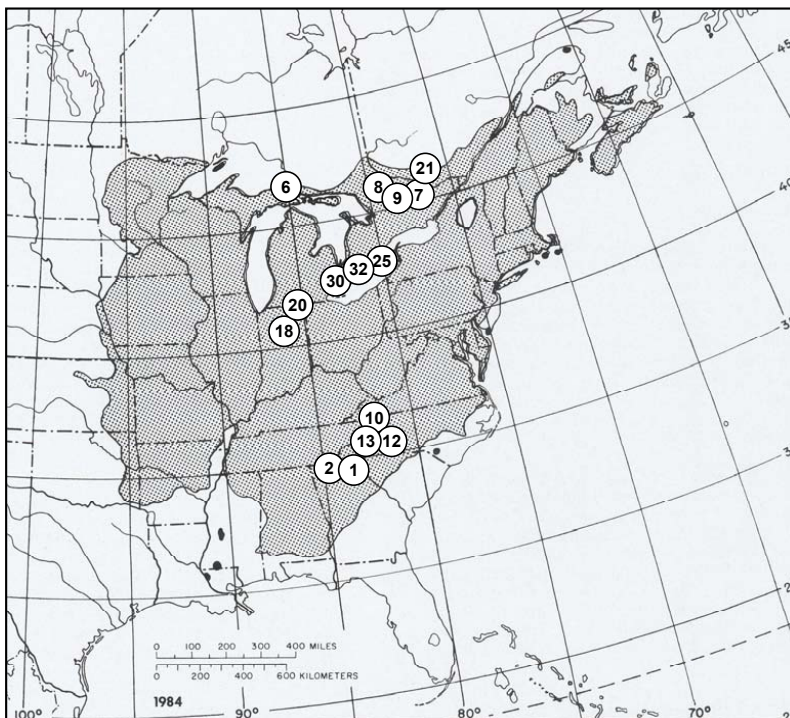


Abb. 1. Lage der Saatgut-Einsammlungsorte in Nordamerika im natürlichen Verbreitungsgebiet (Sander 1990). Location of the seed collections in the natural distribution area in North America (Sander 1990).



Abb. 2. Lage der europäischen Saatgut-Einsammlungsorte (Kreise) und der angelegten Versuchsflächen (Ei1 bis Ei4). Die Herkunftsgebiete der Roteiche in Deutschland sind farbig unterlegt (81801= rot; 81802= grün; Karte: Landesforstverwaltung Brandenburg 2006).

Location of the seed collections in Europe (circle) and of the trial sites (Ei1 to Ei4). The regions of provenance of northern red oak in Germany are highlighted (81801= red; 81802= green; map: Landesforstverwaltung Brandenburg 2006).

jüngsten Aufnahmen wurden auf der Fläche Wächtersbach im Alter von 17 Jahren nur 3 Wiederholungen aufgenommen und auf der Fläche Waldsiefersdorf die Baumhöhen im Alter 19 Jahre nur in einer Wiederholung gemessen. Von der Fläche Itterbeck liegt nur ein Inspektionsbericht aus dem Jahr nach der Flächenanlage vor, in dem die Stammzahlentwicklung beschrieben ist.

Die Auswertung erfolgte auf Ebene der Versuchsflächen sowie der Herkünfte. Die varianzanalytischen Untersuchungen von Unterschieden im Höhen- und Durchmesserwachstum basieren auf Parzellennitteln. Der Mittelwertvergleich der Baumhöhen im Alter 10 Jahre an den drei Testorten erfolgte für die unbalancierten Daten von 20 Herkünften, die auf mindestens zwei Flächen wachsen, mit dem Tukey-Kramer-Test. Dafür wurden fehlende Werte aus den vorhandenen geschätzt. Für den Vergleich des Wachstums auf den Flächen Wächtersbach (17-j.) und Waldsiefersdorf (19-j.) wurde der Parzellenvorrat geschätzt und jeweils ins Verhältnis zum Flächenmittel gesetzt, um altersbedingte Wuchsunterschiede auszuschließen. Die Mittelwerte dieser balancierten Daten der 16 gemeinsamen Herkünfte wurden mit dem Bonferroni-Test verglichen. Mit Korrelationsanalysen wurde geprüft, ob zwischen den Merkmalen an einem Versuchsort Zusammenhänge vorliegen.

## Ergebnisse

### Entwicklung der Stammzahl

Die Entwicklung der Stammzahl verläuft auf den drei Flächen Lübeck, Wächtersbach und Waldsiefersdorf ähnlich (Tabelle 4). Nach der ersten Vegetationsperiode im Feld haben auf diesen drei Flächen etwa 84 % (82 % bis 86 %) der Roteiche überlebt. Im Alter von zehn Jahren variiert der Anteil zwischen 72 % und 78 %. Bei den folgenden Erhebungen im Alter von 14 bis 17 Jahren liegt der Anteil der lebenden Bäume noch bei 70 % bis 74 %. Auf der Fläche Waldsiefersdorf beträgt die Überlebensrate im Alter von 19 Jahren noch 57 %. Auf keiner der drei Flächen ist bis dahin eine Läuterung bzw. Durchforstung erfolgt. Auf der Fläche Itterbeck hatten nur etwa ein

Viertel der Pflanzen die erste Vegetationszeit überlebt. Die Ursache war extremer Fraß durch Kaninchen. Die Fläche wurde daher, ohne weitere Merkmale aufzunehmen, aufgegeben.

Auf den Flächen Lübeck, Wächtersbach und Waldsiefersdorf variieren die einzelnen Herkünfte in ihren Überlebensraten deutlich (Abbildung 3 auf S. 130), wobei zwischen den drei geografischen Großregionen USA, Kanada und Europa keine Tendenz erkennbar wird. Auffallend ist die große Variation zwischen den europäischen Herkünften.

### Höhen- und BHD-Wachstum

Die Entwicklung der Baumhöhen verläuft auf den drei verbliebenen Flächen bis zum Alter 10 Jahre ähnlich, wobei die Roteichen am Standort Wächtersbach am wüchsigsten und am Standort Lübeck am mattwüchsigsten waren. Im multiplen Mittelwertvergleich (Tukey-Kramer,  $\alpha < 0,05$ ) der 20 auf mindestens zwei Flächen getesteten Herkünfte lassen sich signifikante Unterschiede zwischen den Standorten nachweisen. Im Alter von 17 Jahren sind die Bäume, an denen die Höhen auf der Fläche Wächtersbach (etwa Ekl 0,1; Bauer 1953) gemessen wurden, im Mittel höher als die der Fläche Waldsiefersdorf (etwa Ekl 0,7; Bauer 1953) im Alter 19 Jahre. Bei den auf diesen beiden Flächen im jeweiligen Alter an allen Bäumen gemessenen Brusthöhendurchmessern (BHD) wird kein derartiger Unterschied beobachtet.

Im Höhenwachstum gibt es auch signifikante Unterschiede zwischen den Herkünften. Für das Alter 10 Jahre sind die mittleren Höhen je Herkunft und Fläche in Abbildung 4 (Seite 130) dargestellt. Die Varianzanalyse bestätigt, dass keine Wechselwirkungen zwischen den Prüfgliedern und den Versuchsorten vorliegen. Insgesamt sind die US-amerikanischen Herkünfte schwächer im Wuchs als die kanadischen und die europäischen. So ist die deutsche Herkunft Moerfelden/Hessen (Nr. 38) signifikant (Tukey-Kramer-Test,  $\alpha < 0,05$ ) besser im Höhenwuchs als sechs US-amerikanische Herkünfte (Nr. 13, 6, 1, 12, 2 und 18), überwiegend Herkünfte aus dem südlichen Teil des natürlichen Verbreitungsgebiets. Die zweitwüchsigste Herkunft aus Polen (Nr. 42) hat eine signifikant größere Höhe erreicht als drei

Tab. 1. Herkünfte der Roteicheneinsammlung 1988 und deren Verteilung auf die Versuchsflächen (x = auf der Versuchsfläche verwendet).  
Provenances of the northern red oak collection 1988 and their distribution on the trial sites.

Nr. im Versuch	Staat **	Bundesstaat/ -land ***	Angaben zum Herkunftsort	Anzahl beernteter Bäume	Versuchsfläche #			
					Ei1	Ei2	Ei3	Ei4
1	US	GA	Rabun, Chattahoochee, Tallulah	5		x	x	
2	US	GA	Fannin, Chattahoochee, Toccoa	3	x	x	x	
6	US	MI	Chippewa, Hiawatha, Soo	8	x		x	
7	CA	ON	Ottawa, Constance Bay	10	x	x	x	x
8	CA	ON	Hastings, Bancroft	unbekannt			x	x
9	CA	ON	Renfrew, Atomic Energy, Chalk River	12	x	x	x	x
10	US	TN	Sullivan, Cherokee, Watauga	10	x	x	x	
12	US	NC	Clay, Nantahala, Tusquitee	12	x		x	
13	US	NC	Transylvania, Pisgah, Bennet Gap	10		x	x	x
18	US	IN	Madison, Anderson	10	x	x	x	x
20	US	IN	DeKalb, Auburn	4				x
21	CA	QC	Gatineau, Plaines de Kazabazua, Basse-Lièvre	11	x	x	x	x
25	CA	ON	Reg. M. of Niagara, Niagara, Ridgeway	5		x		x
30	CA	ON	Chatham, several locations	unbekannt		x		
32	CA	ON	Turkey point, several locations	unbekannt		x	x	
33	DE	NI	Bremervörde, Hepstedt 511b	10	x	x	x	x
34	DE	NW	Borken, Gut Ameloe 18a	10	x	x	x	x
44	DE	NW	Brüggen, Bornheimer Allee	unbekannt	x	x	x	x
36	DE	NW	Brüggen, Bornheim Abt. 4 e + g (SHK)	10	x	x		x
37	DE	HE	Nidda 913B	unbekannt	x	x	x	
38	DE	HE	Moerfelden / Walldorf 11	10	x	x	x	x
39	DE	SL	Neunkirchen, Wustweiler Abt. 304b1	unbekannt				x
40	DE	BW	Wiesloch / Heidelberg 1 + 10	10		x	x	x
41	DE	BW	Reutlingen, Metzgingen 3a7	unbekannt			x	
42	PL		Kornik, Piaski 166b + 158f	unbekannt		x	x	
45	NL		Handelssaatgut	unbekannt	x	x		x
43*	DE	BB	Müncheberg, Buckow	unbekannt	x			

\* Die Herkunft ist ein Jahr jünger. Die Ergebnisse zeigen, dass die Herkunft nicht mit den anderen verglichen werden kann, sie wird daher bei den Auswertungen nicht weiter berücksichtigt.

\*\* US = USA, CA = Kanada, DE = Deutschland, PL = Polen, NL = Die Niederlande

\*\*\* GA = Georgia, MI = Michigan, ON = Ontario, TN = Tennessee, NC = North Carolina, IN = Indiana, QC = Quebec, NI = Niedersachsen, NW = Nordrhein-Westfalen, HE = Hessen, SL = Saarland, BW = Baden-Württemberg, BB = Brandenburg

# Ei1 = Lübeck, Ei2 = Wächtersbach, Ei3 = Waldsieversdorf, Ei4 = Itterbeck

US-amerikanische Herkünfte (Nr. 13, 6 und 1). Für die Herkünfte aus Kanada lassen sich Unterschiede statistisch nicht absichern.

**Relativer Bestandesvorrat**

Aus den erhobenen Parametern Überlebensrate, Baumhöhe und BHD wurde für die 16 gemeinsamen Herkünfte der Flächen Wächtersbach und Waldsieversdorf der Bestandesvorrat geschätzt. Um den Vorrat der im Alter 17 bzw. 19 Jahre gemessenen Flächen vergleichen zu können, wurden die geschätzten Vorräte jeweils ins Verhältnis zum jeweiligen Versuchsflächenmittel (= 100 %) gesetzt. Der geschätzte Vorrat der mattwüchsigsten Herkunft liegt bei 53 % und der der wüchsigsten bei 136 %, d. h. 2,6-mal so hoch. Hier ergibt der Mittelwertvergleich (Bonferroni-Test,  $\alpha < 0,05$ ) fünf sich überlappende Gruppen (Abbildung 5). Dabei sind die Herkünfte aus Polen (Nr. 42) und aus Hessen (Nr. 38) die wüchsigsten, während die US-amerikanischen Herkünfte, insb. aus dem Süden des natürlichen Verbreitungsgebiets, die geringsten Vorräte haben.

**Phänologie**

Der anhand eines vierstufigen Boniturschemas erfasste *Austrieb* zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Herkünften (Abbildung 6). So treiben die US-amerikanischen Herkünfte (Nr. 1, 2, 12, 13, 10 und 18) mit Ausnahme der nördlichen Herkunft (Nr. 6 aus Michigan) und die Herkünfte aus dem südwestlichen Kanada (Nr. 30 und 32) später aus als die Nachkommenschaften der im nordöstlichen Kanada und der meisten in Europa beernteten Bestände. Zwischen den Jahren, in denen der Austrieb bonitiert wurde, gibt es keine Unterschiede zwischen den Herkünften. So ist auf der Fläche Lübeck der Austrieb im Alter 5 mit dem im Alter 8 hoch korreliert ( $r = 0,957^{***}$ ). In Abbildung 6 sind die Anteile der Austriebsstufen für die einzelnen Herkünfte der Fläche Lübeck (27.04.1994; Alter 5 Jahre) und der Fläche Wächtersbach (15.05.2002; Alter 13 Jahre) dargestellt. Der mittlere Austrieb der Herkünfte ist auf den Flächen Lübeck (Alter 5 Jahre) und Wächtersbach (Alter 13 Jahre) hoch korreliert ( $r = 0,816^{***}$ ).

Auch die *Laubverfärbung* im Herbst, die auf der Fläche Lübeck mehrmals aufgenommen wurde, ist zwischen den einzelnen Erhe-

Tab. 2. Angaben zu den Versuchsorten.  
Characteristics to the trial sites.

Versuchsfläche	Lübeck	Wächtersbach	Waldsieversdorf	Itterbeck
Flächen-Abk.	Ei1	Ei2	Ei3	Ei4
Forstamt	Lübeck	Fürstl. Ysenburger Forstverwaltung, Wächtersbach	Müncheberg	Nordhorn
Revierförsterei	Waldhusen	Hain-Gründau	Waldsieversdorf	Itterbeck
Vornutzung	ehem. landw. Fläche	Wald	(Kiefern-)Wald	ehem. landw. Fläche
Boden	Sandlehm	Schluff	Sand mit Lehmbändern	Sand
Anlage	11.-15.03.1991	08.-11.04.1991	08.-10.04.1991	02.-05.12.1991
Höhe	20 m ü.NN	300 m ü.NN	70 m ü.NN	30 m ü.NN
Geogr. Breite	53°55' N	50°14' N	52°32' N	52°30' N
Geogr. Länge	10°41' O	9°07' O	14°07' O	6°58' O
Forstliches Wuchsgebiet	Jungmoränenlandschaft Schleswig-Holstein Ost / Nordwest-Mecklenburg	Vogelsberg und östlich angrenzende Sandsteingebiete	Nordostbrandenburger Jungmoränenland	Mittelwestniedersächsisches Tiefland
Forstlicher Wuchsbezirk	Oldesloer-Gadebuscher Grundmoräne	Büdinger Wald	Buckower Stobber-Durchbruch	Ems-Hase-Hunte-Geest
Temperatur Jahr (Veg.)	8,3 °C (14,7 °C)	8,9 °C (15,5 °C)	8,6 °C (15,7 °C)	8,9 °C (15,0 °C)
Niederschlag Jahr (Veg.)	689 mm (314 mm)	851 mm (373 mm)	536 mm (268 mm)	727 mm (331 mm)

Tab. 3. Alter, in dem Merkmale auf den Versuchsflächen gemessen und bonitiert wurden.  
Age when traits were measured and assessed on the test sites.

Merkmal	Lübeck	Wächtersbach	Waldsieversdorf
	Alter (Jahre)		
Stammzahl	4, 6, 7, 8, 10, 16	4, 6, 10, 14, 17	4, 8, 10, 19
Baumhöhe	4, 6, 7, 8, 10	4, 6, 10, 17	4, 8, 10, 19
BHD	-	17	19
Spätfrostschaden	4	10	-
Austrieb	5, 8	12	-
Laubverfärbung	6, 8, 11	10	-
Rindenbrand	6, 8	10, 13	10
Stammform	8, 10, 16	10, 13, 17	8, 10, 19
Kronenform	-	-	19

Tab. 4. Mittlere Überlebensraten und mittlere Höhen bzw. mittlere BHD auf den drei Versuchsflächen Lübeck, Wächtersbach und Waldsieversdorf.  
Means for survival rate, height and dbh, respectively on the three sites Lübeck, Wächtersbach and Waldsieversdorf.

Alter [Jahre]	Überleben [%]			Höhe [m] (BHD [cm])		
	Lübeck	Wächtersbach	Waldsieversdorf	Lübeck	Wächtersbach	Waldsieversdorf
4	86	82	82	0,53	0,49	0,44
6	82	80		1,22	1,50	
7	81			1,69		
8	80		80	1,96		2,16
10	77	72	78	3,06	4,25	3,53
14		71				
16	74					
17		70			11,39 (8,1)	
19			57			11,31 (9,3)

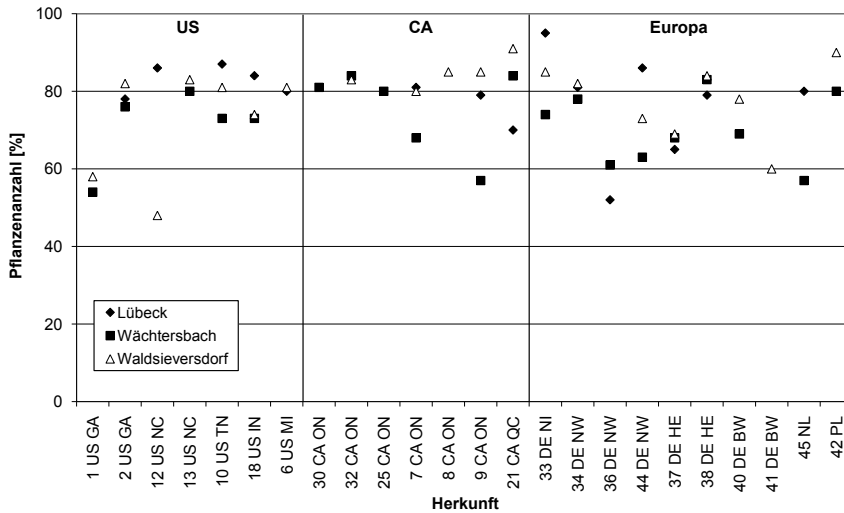


Abb. 3. Überlebensraten der einzelnen Roteichenherkünfte im Alter von 10 Jahren.  
Survival of the northern red oak provenances at age 10 years.

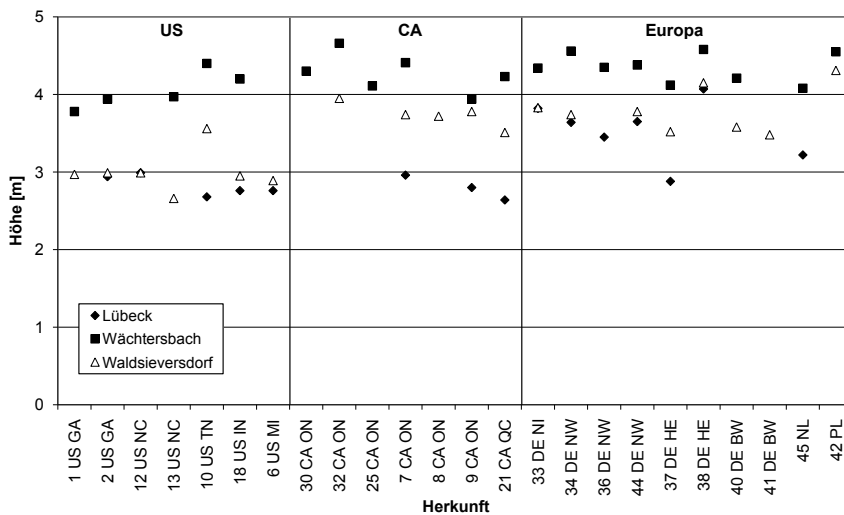


Abb. 4. Mittlere Baumhöhen der einzelnen Roteichenherkünfte im Alter von 10 Jahren.  
Mean height of the northern red oak provenances at age 10 years.

bungen hoch korreliert. Die Herkunft aus Michigan (Nr. 6) und die beiden kanadischen Herkünfte aus Ontario (Nr. 7 und 9) hatten zum Zeitpunkt der Aufnahme etwa zur Hälfte ihre Blätter abgeworfen bzw. rot verfärbt, während die anderen Herkünfte etwa zur Hälfte noch nicht bis schwach verfärbte Blätter aufwiesen. Auch auf der Fläche Wächtersbach bestätigt sich dieser Trend. Die Herkunft aus Quebec (Nr. 21) verfärbt bzw. verliert wie die anderen Herkünfte (Nr. 6, 7 und 9) aus dem nördlichen Teil des natürlichen Verbreitungsgebiets die Blätter früh.

Von den Flächen Lübeck und Wächtersbach liegen für die beiden phänologischen Merkmale Erhebungen, wenn auch meist aus unterschiedlichen Jahren, vor. Auf beiden Flächen sind Austrieb und herbstliche Laubverfärbung miteinander korreliert, d. h., früh austreibende Herkünfte verfärben im Herbst auch früher und umgekehrt.

**Frostschaden**

Eine Schädigung der Pflanzen durch Spätfrost ist auf der Fläche Lübeck im Alter 4 Jahre erfasst worden. Hierbei hat sich gezeigt, dass die spät austreibenden US-amerikanischen Herkünfte (Nr. 2, 10, 12 und 18) am geringsten (< 20 % der Pflanzen) geschädigt waren. Am häufigsten (> 60 %) traten Frostschäden (geringe, mittlere und starke) an Pflanzen der Herkünfte Nr. 6 (Michigan, USA) und 21 (Que-

bec, Kanada) auf. Den höchsten Anteil stark geschädigter Pflanzen (etwa 30 %) haben die Herkünfte Nr. 6 (Michigan, USA) und Nr. 37 (Nidda, Hessen) aufgewiesen.

Spätfrost und Austrieb sind hoch miteinander korreliert, d. h., früh austreibende Herkünfte sind auf der Fläche Lübeck stärker vom Spätfrost geschädigt worden als spät austreibende.

**Rindenbrand**

*Fusicoccum*-Rindenbrand ist eine Pilzinfektion (Erreger: *Fusicoccum quercus* Oudem.), die bei Eichen, insbesondere Roteichen zu den häufigeren Krankheiten zählt. Auch die Flächen dieser Versuchsserie sind hiervon nicht verschont geblieben. Auf der Fläche Lübeck, der am intensivsten beobachteten Fläche, sind die südlichen US-amerikanischen Herkünfte (Nr. 2, 10, 12 und 18) und die Herkunft aus Brandenburg (Nr. 43, Müncheberg) am stärksten befallen. Der Befall zwischen den Jahren ist hoch korreliert ( $r = 0,797^{***}$ ).

Da auf den Flächen unterschiedliche Boniturschemata zur Anwendung gekommen sind, lassen sich nicht alle Erhebungen direkt miteinander vergleichen. Auch auf den Flächen Wächtersbach und Waldsiefersdorf sind die US-amerikanischen Herkünfte (Nr. 1, 2, 10, 13 und 18) am stärksten infiziert gewesen. Auf der Fläche Lübeck lässt sich ein Zusammenhang zwischen Rindenbrandbefall und

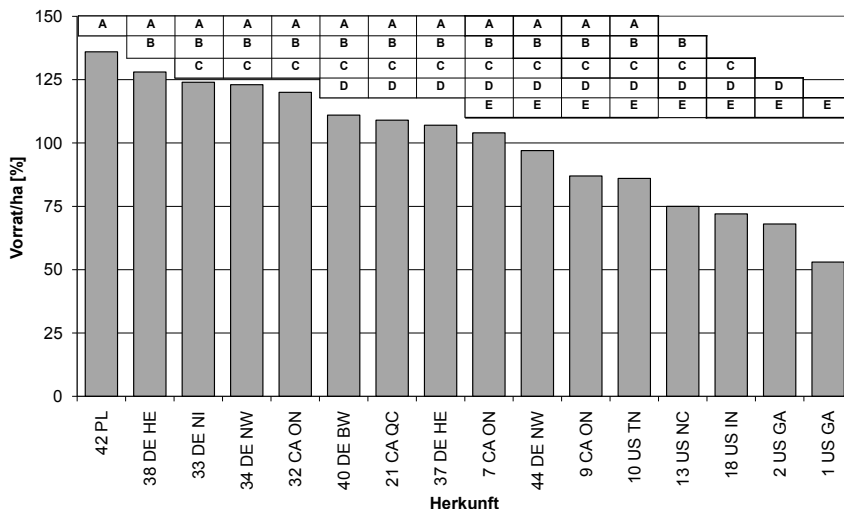


Abb. 5. Bestandesvorrat (standardisiert) auf den Flächen Wächtersbach (17-j.) und Waldsiefersdorf (19-j.) und Gruppierung nach dem Bonferroni-Test (A-E).  
Standing volume (standardised) on the sites Wächtersbach (age 17 years) and Waldsiefersdorf (age 19 years) and Bonferroni-grouping (A-E).

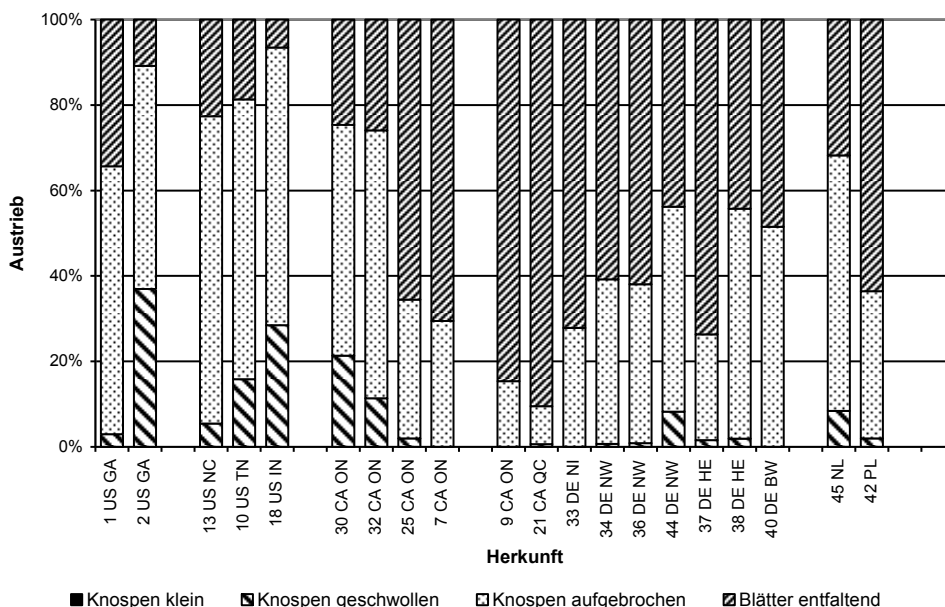
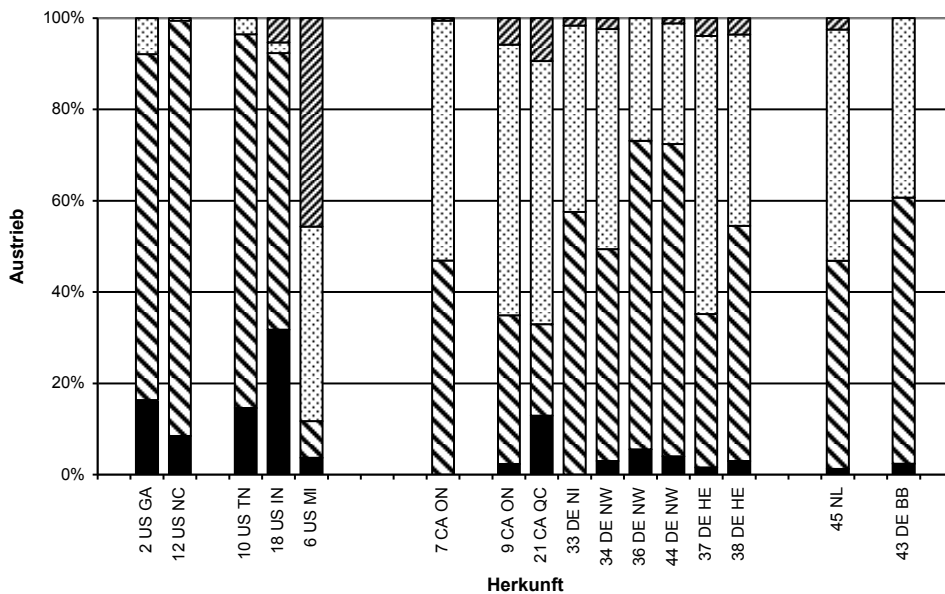


Abb. 6. Anteil der Austriebsstadien auf den Flächen Lübeck (27.04.1994; Alter 5 Jahre, oben) und Wächtersbach (15.05.2002; Alter 13 Jahre, unten). Die jeweilige Herkunft ist in beiden Diagrammen an der gleichen Position.  
Frequency of flushing stages on the sites Lübeck (age 5 years, above) and Wächtersbach (age 13 years, below). The same provenance is in both graphs at the same position.

Höhenwachstum nachweisen. Befallene Herkünfte haben geringere Baumhöhen erreicht.

**Stammform**

Die Stammform ist auf den drei Flächen insgesamt nicht besonders gut. Im Alter von 10 Jahren betrug der Anteil der geraden 9 % und der leicht gekrümmten Stämme 27 % (zusammen 36 %) auf der Fläche Lübeck. Auf der Fläche Wächtersbach war der Anteil der geraden (22 %) und der leicht gekrümmten (42 %) Stämme mit 64 % am höchsten. Ein ähnlicher Anteil an geraden (20 %) und leicht gekrümmten (39 %) Stämmen von zusammen 59 % wurde auf der Fläche Waldsieversdorf bonitiert. Bei den US-amerikanischen Herkünften ist der Anteil der unerwünschten Stammformen am höchsten, wobei die Unterschiede zwischen den Herkünften auf der Fläche Wächtersbach insgesamt am geringsten ausfallen.

Auf der Fläche Waldsieversdorf wurde bei der jüngsten Aufnahme im Alter von 19 Jahren sowohl die Geradschaftigkeit als auch die Wipfelschäftigkeit erfasst. Im Vergleich zum Alter 10 Jahre ist der Anteil der geraden (0,4 %) und leicht gekrümmten (16 %) Stämme deutlich gesunken. Die südlichen und mittleren US-amerikanischen Herkünfte haben besonders niedrige Anteile gerader und leicht gekrümmter Bäume. Den höchsten Anteil besser geformter Stämme haben die Herkünfte aus Michigan (Nr. 6: 29 %), aus Quebec (Nr. 21: 29 %) und aus Nidda, Hessen (Nr. 37: 27 %).

Auf der Fläche Waldsieversdorf ist 1 % der Bäume wipfelschäftig, und bei weiteren 56 % löst sich der Stamm ab drei Viertel der Baumhöhe auf. Für die 20 Herkünfte der Testfläche ist die Wipfelschäftigkeit in Abbildung 7 dargestellt. Bei den US-amerikanischen Herkünften endet der Schaft mit Ausnahme der Herkunft Michigan (Nr. 6) früher als bei den Prüfgliedern aus Kanada und Europa. So ist der Anteil (etwa 40 %) der Bäume mit einem Stammanteil von mindestens drei Viertel ihrer Höhe bei den US-amerikanischen Herkünften geringer als bei den kanadischen und den europäischen Herkünften (etwa 60 %). Den höchsten Stammanteil (mindestens drei Viertel der Höhe) hat die Herkunft aus Michigan (Nr. 6: 76,7 %) und den geringsten die Herkunft aus Chatham (Nr. 30: 28,0 %). Die Qualitätsmerkmale Geradschaftigkeit und Wipfelschäftigkeit sind hoch korreliert ( $r = 0,921^{***}$ ), d. h., die geraden Bäume weisen auch höhere Stammanteile auf.

**Diskussion**

Etwa 50 Jahre, nachdem Schenck (1939) in seinem umfangreichen Werk über fremdländische Baumarten der Frage der Rasse bei der Roteiche allergrößte Beachtung für die Beurteilung der Anbauwürdigkeit beimaß, wurde in Deutschland der erste Herkunftsversuch mit Herkünften aus Nordamerika an mehreren Standorten angelegt. Die dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Versuchsserie hat ihre Grenzen, da die aus Nordamerika stammenden Herkünfte den östlichen Teil des natürlichen Verbreitungsgebiets nicht abdecken. Die Aussage der Ergebnisse kann auch dadurch eingeschränkt sein, dass einige Herkünfte sich nur aus wenigen Einzelbaumnachkommen zusammensetzen, die unter Umständen nicht den jeweiligen Bestand repräsentieren. Außerdem ist bei weiteren Herkünften die Anzahl der Mutterbäume, unter denen das Saatgut eingesammelt wurde, unbekannt. Hier ließe sich Klarheit nur mit zusätzlichen molekulargenetischen Untersuchungen erzielen. Bedauerlich ist auch, dass die Messungen und Erhebungen nicht auf allen Flächen der Serie in denselben Jahren nach einheitlichem Schema erfolgten. Trotz dieser Einschränkungen geben die Ergebnisse klare Tendenzen wieder.

Die Überlebensraten auf den drei Flächen Lübeck, Wächtersbach und Waldsieversdorf lagen im Alter 10 im Vergleich zu einem Herkunftsversuch in Kansas deutlich höher. In Kansas variierten die Überlebensarten von 29 Herkünften zwischen 1 % und 34 % (Denke 1974). Im nordwestlichen Teil des natürlichen Verbreitungsgebiets variierten die Überlebensarten in einer Versuchsserie mit sieben Testorten und zusammen 31 Herkünften im Alter 13 bzw. 14 Jahre zwischen 10 % und 89 %. In den amerikanischen Versuchen hatten die Herkünfte aus dem westlichen Verbreitungsgebiet mit trockenen und wärmeren Sommern höhere Überlebensraten als die östlichen Herkünfte (Kriebel et al. 1976). Wie auf der Fläche im Emsland (Isterbeck) litten auf einer Versuchsfläche in Ohio die jungen Bäume unter starkem Kaninchenverbiss (Kriebel et al. 1988).

Das Wachstum der amerikanischen Herkünfte auf den drei untersuchten Flächen verlief vergleichbar dem auf einer Fläche bei Schleswig, die parallel mit den gleichen Herkünften von der damaligen Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt angelegt wurde (Göckede 2010).

Auch die Auswertung der Versuchsfläche bei Schleswig (Göckede 2010) hat gezeigt, dass die meisten US-amerikanischen Herkünfte im Höhenwachstum hinter dem der kanadischen zurückblieben. Die zu Vergleichszwecken auf der Fläche Schleswig angebaute SHK Born-

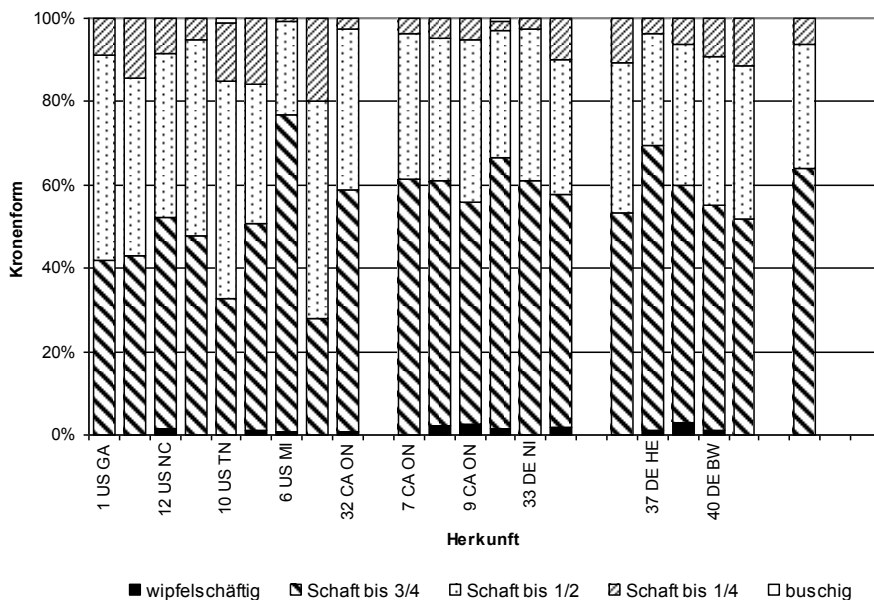


Abb. 7. Anteile der Kronenformen bzw. der Anteil des Schaftes an der Baumhöhe im Alter von 19 Jahren der 20 Herkünfte auf der Fläche Waldsieversdorf. Frequency of the trunk-crown-proportion at age 19 years of the 20 provenances on the site Waldsieversdorf.



heim hatte den besten Höhenwuchs (Göckede 2010). In der eigenen Untersuchung ist die SHK Bornheim auf der Fläche Lübeck ebenfalls wüchsiger als die nordamerikanischen Herkünfte. Auf der in Südhessen angelegten Fläche Wächtersbach sind mehrere US-amerikanische und kanadische Herkünfte der SHK im Höhenwachstum tendenziell überlegen. Im Vergleich der SHK mit den weiteren europäischen Herkünften gibt es im Höhenwachstum sowohl wüchsiger als auch mattwüchsiger Herkünfte, d. h., im Wachstum hebt sich die SHK nicht hervor. In den amerikanischen Herkunftsversuchen gibt es signifikante Unterschiede im Höhenwachstum der getesteten Herkünfte (Deneke 1974, Kriebel et al. 1976). Die Auswertung der amerikanischen Versuche ergab nur eine geringe Wechselwirkung zwischen Prüfling und Versuchsort (Kriebel et al. 1976).

Der Austrieb der amerikanischen Herkünfte verlief auf den deutschen Versuchsflächen wie in Nordamerika. Auch dort trieben 14-jährige Roteichen aus dem Nordwesten des natürlichen Verbreitungsgebiets als erste aus. Anschließend folgten die östlichen und die südlichen Herkünfte (Kriebel et al. 1976). Die Korrelation von Austrieb und Laubverfärbung im Herbst beobachtete auch Krahl-Urban (1966).

*Fusicoccum*-Rindenbrand tritt vor allem in jüngeren Beständen nach anhaltender Trockenheit auf leichteren Sandböden oder nach starkem Frost auf. Dann ist ein Absterben der oberirdischen Triebe möglich. Die Eichen treiben in der Regel erneut aus dem Stock aus und verbuschen (Butin 1996).

Bei der Stammform fand Krahl-Urban (1966) weitgehende Übereinstimmung von Elternbestand und Nachkommenschaft. Für den vorliegenden Versuch lässt sich dieses tendenziell für die amerikanischen Einsammlungen bestätigen. Für die deutschen Erntebestände liegen keine vergleichbaren Angaben vor. Die in der eigenen Untersuchung beobachteten insgesamt relativ geringen Qualitäten bestätigt auch Göckede (2010). Ähnlich wie bei der Höhenwuchsleistung zeigt die Auswertung der qualitativen Bonituren, dass die kanadischen Herkünfte besser abschneiden als die US-amerikanischen. Dieses ist auf der Fläche Waldsiefersdorf stärker ausgeprägt als auf der Fläche bei Schleswig.

Die Roteiche, die unter den nichtheimischen Baumarten günstige ökologische und waldbauliche Eigenschaften hat (Otto 1993), ist in der Regel wüchsiger als die heimischen Eichenarten (Stratmann und Warth 1987, Seidel und Kenk 2003, Göckede 2010). Ein höherer Anteil an Roteiche im Wald kann die Ertragsleistung steigern. Durch das gute Jugendwachstum der Roteiche lässt sich bereits mittelfristig das Holzaufkommen erhöhen. Vermehrungsgut dieser dem Forstvermehrungsgutgesetz unterliegenden Baumart sollte in wüchsigen möglichst qualitativ hochwertigen Beständen in Deutschland gewonnen werden. Saatgutimporte aus dem natürlichen Verbreitungsgebiet in den südlichen bzw. nordwestlichen USA und in Kanada lassen keine weitere Ertragssteigerung erwarten. Allerdings kann durch die zusätzliche Verwendung von geeigneten Herkünften aus Kanada einer Einengung des Genpools entgegengewirkt werden, ohne dass das Ertragsniveau beeinträchtigt wird.

In Anbetracht der Ergebnisse scheinen die in die Versuchsserie einbezogenen Herkünfte aus Deutschland nicht aus den Regionen der untersuchten amerikanischen Herkünfte zu stammen. Die Auswertung einer zweiten Versuchsserie mit vier Versuchsflächen, die aus einer Einsammlung im Osten der USA stammt, die zwei Jahre später erfolgte, kann hier weitere Informationen liefern.

## Danksagung

Die Autoren danken Armin König und Klaus Liepe für die Einsammlung der Herkünfte in Deutschland und den Forstbetrieben für die gewährte Unterstützung bei der Betreuung der Herkunftsversuche. Den technischen Assistentinnen, die die Messungen und Bonituren durchgeführt haben, danken wir an dieser Stelle vielmals.

## Literatur

- Bauer F. 1953. Die Roteiche. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- Butin H. 1996. Krankheiten der Wald- und Parkbäume. G. Thieme, Stuttgart
- Deneke F.J. 1974. A red oak provenance trial in Kansas. Transactions of the Kansas Academy of Science 77, 195-200
- Göckede J. 2010. Wuchsleistung verschiedener Roteichen-Herkünfte in Nordwest-Deutschland. Masterarbeit, Fak. f. Forstwissenschaften u. Waldökologie Univ. Göttingen (unveröff.)
- Göhre K., Wagenknecht E. 1955. Die Roteiche und ihr Holz. Deutscher Bauernverlag, Berlin
- Holthausen R. 1987. Die Bornheimer Roteiche. Allg. Forstz. 42, 44
- Krahl-Urban J. 1966. Vorläufige Ergebnisse eines Roteichen-Provenienzversuchs. Allg. Forst- u. Jagdztg. 137, 91-100
- Kriebel H., Bagley W.T., Deneke F.J., Funsch R.W., Roth P., Jokela J.J., Merritt C., Wright J.W., Williams R.D. 1976. Geographic variation in *Quercus rubra* in North Central United States plantations. Silvae Genetica 25, 118-122
- Kriebel H., Merritt C., Stadt T. 1988. Genetics of growth rate in *Quercus rubra*: provenance and family effects by the early third decade in the North Central U.S.A. Silvae Genetica 37, 193-198
- Landesforstverwaltung Brandenburg 2006. Empfehlungen für forstliches Vermehrungsgut für das Land Brandenburg. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Potsdam
- Magni C.R., Ducouso A., Caron H., Petit R.J., Kremer A. 2005. Chloroplast DNA variation of *Quercus rubra* L. in North America and comparison with other *Fagaceae*. Molecular Ecology 14, 513-524
- Otto H.-J. 1993. Fremdländische Baumarten in der Waldbauplanung – dargestellt am Beispiel der niedersächsischen Landesforstverwaltung. Forst u. Holz 48, 454-456
- Sander I.L. 1990. *Quercus rubra* L. Northern red oak. In: Bruns R.M., Honkala B.H. (eds.) Silvics of North America: 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654. US Department of Agriculture, Forest Service, Washington DC, 727-733
- Schneck C.A. 1939. Fremdländische Wald- und Parkbäume. Dritter Band. P. Parey, Berlin
- Schölch M., Arenhövel W., Frischbier N., Leder B., Mettendorf B., Schmiedinger A., Stimm B., Vor T., Aas G. 2010. Was wissen wir über Gastbaumarten? AFZ/DerWald 65, 4-5
- Seidel J., Kenk G. 2003. Wachstum und Wertleistung der Eichenarten in Baden-Württemberg. AFZ/DerWald 58, 28-31
- Sork V.L., Huang S., Wiener E. 1993. Macrogeographic and fine-scale genetic structure in a North American oak species, *Quercus rubra* L. Ann. Sci. For. 50, Suppl. 1, 261-270
- Stratmann J. 1988. Ausländeranbau in Niedersachsen und den angrenzenden Gebieten. Schriften a. d. forstl. Fak. d. Univ. Göttingen 91, Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.
- Stratmann J., Warth H. 1987. Die Roteiche als Alternative zu Eiche oder Buche in Nordwestdeutschland. Allg. Forstz. 42, 40-41